

Rec'd PCT/00 10 SEP 2004

PCT/JP03/02778

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

10/507246
10.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-066620

[ST.10/C]:

[JP2002-066620]

出 願 人

Applicant(s):

日本電気株式会社

REC'D 05 MAY 2003

WIPO

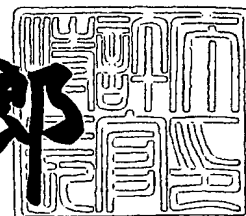
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3026539

【書類名】 特許願

【整理番号】 33409896

【提出日】 平成14年 3月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 加藤 友章

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100102864

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 工藤 実

【選任した代理人】

 【識別番号】 100099553

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大村 雅生

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 053213

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9715177

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光変調器励振回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を変調して出力する光変調器と、

前記光変調器に電氣的に接続され、前記光変調器へ変調 R F 信号を出力し、第 1 の電気素子を含み、第 1 の特性インピーダンスを有する第 1 のストリップ線路と、

前記光変調器を中継して前記第 1 のストリップ線路に電氣的に接続され、第 2 の電気素子を含み、第 2 の特性インピーダンスを有する第 2 のストリップ線路と

を具備し、

前記第 1 のインピーダンスは、前記変調 R F 信号の前記第 1 のストリップ線路への入力経路の特性インピーダンスに等しく、

前記第 1 の電気素子と前記第 2 の電気素子との並列合成インピーダンスは、前記入力経路の特性インピーダンスに等しい、

光変調器励振回路。

【請求項 2】

前記第 2 の電気素子は、少なくとも 2 つの電気素子を含み、前記第 2 のストリップ線路上の長手軸方向の互いに異なる位置に配置されている、

請求項 1 に記載の光変調器励振回路。

【請求項 3】

前記第 2 の電気素子の前記少なくとも 2 つの電気素子の各々は、前記第 2 のストリップ線路の両端に配設されている、

請求項 2 に記載の光変調器励振回路。

【請求項 4】

前記第 1 の電気素子及び前記第 2 の電気素子の少なくとも 1 つは、抵抗である

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

【請求項 5】

前記抵抗は、前記第 2 のストリップ線路上の導体上に形成された薄膜抵抗体である、

請求項 4 に記載の光変調器励振回路。

【請求項 6】

第 2 のストリップ線路の電気長が変調 R F 信号の最高周波数に対して $1/4$ 波長以下である、

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

【請求項 7】

前記第 2 の特性インピーダンスは、前記第 1 の特性インピーダンスと異なる、
請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

【請求項 8】

前記第 1 の電気素子のインピーダンスは、前記第 1 の特性インピーダンスと異なる、

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

【請求項 9】

光信号を変調する変調 R F 信号を受信する高周波入力部と、

第 1 の光信号を受信する光入力部と、

前記高周波入力部と電氣的に接続し、前記光入力部と光学的に接続し、前記変調 R F 信号に基づいて、前記第 1 の光信号を第 2 の光信号に変調する請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の前記光変調器励振回路と、

前記光変調器励振回路と光学的に接続し、前記第 2 の光信号を出力する光出力部と、

を具備する、

光変調器モジュール。

【請求項 10】

前記光入力部は、

光信号を入出力可能な光入力端子と、

第 1 のレンズと、

を具備し、

前記光入力端子は、第 1 の光ファイバに接続され、前記第 1 の光ファイバを介して前記第 1 の光信号を受信して、前記第 1 のレンズへ出力し、

前記第 1 のレンズは、前記第 1 の光信号を受信して、前記光変調器励振回路へ出力する、

請求項 9 に記載の光変調器モジュール。

【請求項 1 1】

前記光出力部は、

第 2 のレンズと、

光信号を入出力可能な光出力端子と、

を具備し、

前記第 2 のレンズは、前記第 2 の光信号を受信して、前記光出力端子へ出力し

、
前記光出力端子は、第 2 の光ファイバに接続され、前記第 2 のレンズを介して前記第 2 の光信号を受信して、前記第 2 の光ファイバへ出力する、

請求項 9 又は 1 0 に記載の光変調器モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光変調器励振回路及び光変調器モジュールに関し、特に、光信号の変調を行う光変調器モジュールに用いる光変調器励振回路に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

インターネットに代表される広帯域マルチメディア通信サービスの爆発的な需要の増加に伴い、より大容量かつ高機能な光ファイバ通信システムの開発が求められている。こうした大規模なシステムに使用される光通信モジュールの数も、システムの巨大化に伴い、増加の一途をたどっている。そして、これらモジュールの大きさはもちろん、システム全体に占めるコスト・実装負荷は無視できない。従って、光通信モジュール自体の小型化・高機能集積化・低コスト化は極めて

重要な課題となっている。システム全体の小型化・部品点数削減を図るには、データの時間多重度を上げて1波長チャンネル当たりの伝送容量を増加させる方式が考えられる。そのため、高速変調に対応した通信用光デバイスの研究開発が活発に行なわれている。

【0003】

一方、この1チャンネル当たりの伝送速度を増加させるにつれて、光ファイバ伝送路固有の波長分散が長距離伝送後の光波形に与える影響が、無視できないものになる。これは光源デバイスに光強度変調をかける際に、極めて小さいながらも位相変調（または周波数変調）が重畳されてしまうことに起因している。この現象は一般に波長チャープングと呼ばれ、特に1チャンネルあたり2.5Gb/sを越えるあたりから長距離伝送特性に深刻な影響を及ぼす。このため、2.5Gb/sを越える幹線系光ファイバ通信システムでは、波長チャープングの小さな外部変調方式が主流となっている。そして、化合物半導体の電界吸収効果を応用した単体光強度変調器（以下、電界吸収型光変調器）やこれをDFBレーザ等の光源素子とモノリシック集積化した光変調器集積化光源の開発が盛んである。現在、1チャンネルあたり2.5Gb/s～10Gb/sの光ファイバ通信システムが既に実用化されている。そして、これを更に1チャンネルあたり40Gb/s以上へと高速化するための超高速電界吸収型光変調器やその集積化光源、およびそれらのピグテールモジュールの開発が続けられている。

【0004】

電界吸収型光変調器や光変調器集積化光源のモジュール化にあたっては、図7に示すような変調信号励振系が広く用いられる。図7は、従来の光変調器励振回路を示す斜視図である。この光変調器励振回路は、光信号131の伝搬方向に対して垂直な方向に、光変調器111を挟んで、第1のストリップ線路112と終端114付の第2のストリップ線路113とを一直線上に配置している。そして、これらをボンディングワイヤA115およびボンディングワイヤB116で中継している。光信号131は、光変調器111において、第1のストリップ線路112から出力された変調信号133により光信号132に変調される。

【0005】

これらの構造は、ボンディングワイヤA115およびボンディングワイヤB116のインダクタンスを加減することで帯域改善効果を調節できる。しかし、特にミリ波帯に近い高周波域において、これら回路を見込んだ反射 S_{11} が著しく増加するという本質的な難点を抱えている。それは、以下(1)～(2)の理由による。

(1) 逆バイアス下で容量性の振舞いをする光変調器111のサセプタンスは、直流近傍でゼロ(開放)である。しかし、高域では第1のストリップ線路112および第2のストリップ線路114の特性アドミッタンスと同程度にまで増加して、低インピーダンス(短絡に近い負荷)へと変化してしまう。

(2) 光変調器111と第2のストリップ線路114間を繋ぐボンディングワイヤB116のインダクタンスおよび光変調器111の光吸収層のキャパシタンスから決まる共振周波数近傍からその高域にわたり、このボンディングワイヤB116以降を見込んだ負荷が高インピーダンスとなる。そのため、終端が有効に機能しなくなる。

その反射の絶対値は -10 dB (変調RF信号入力 of 1割)を越えてしまう場合もあり、光変調器111を見込んだ励振回路を駆動する系の負荷が大きくなる、あるいは変調周波数特性に不要共振の影響が現れる等の問題を招くことが避けられない。

【0006】

上記問題の回避策としては、反射波を一定レベル以下に減衰させるための固定減衰器をモジュール前段に挿入する方法がもっとも容易と考えられる。しかし、 40 Gb/s 帯向けの光変調器モジュールともなると、その駆動回路自体に要求される広帯域化、高出力化を両立させること自体がもともと技術的に難しいことから、実際には駆動回路へ負担を強いるこの回避策は安易に採用できない。

また、単に整合を実現するという目的だけに限って考えれば、ストリップ線路端部を開放(オープン)ないしは短絡(ショート)としたスタブを組み合わせてする方法も選択肢の一つである。しかし、スタブ本来の役割は特定周波数での負荷のインピーダンスを補償することが目的であり、光ファイバ通信に要求されるような直流からミリ波までの広帯域にわたる整合を実現するという用途にはもともと

適していない。さらに、スタブ形成にあたって、限られた光変調器モジュール内部に必要以上に長いストリップ線路を新たに設けること自体も実装の観点からあまり好ましくない。それ以外にも特に有効な解決策が無いことから、光変調器モジュールや光変調器集積化光源モジュールは、上記の課題を承知の上で強い反射が残ったまま使用されているのが実状である。

【0007】

関連する技術として、特開2001-209017号公報に、光電変換半導体装置の技術が公開されている。この技術の光電変換半導体装置は、半導体素子と、高周波電気信号回路と、抵抗性整合回路と、容量性整合回路とを備える。半導体素子は、光電信号変換を行なう。高周波電気信号回路は、上記半導体素子に近接する端部を有し、この端部であって上記半導体素子が有する電気信号端子に最も近接する部位を接続点とし、導電体を介して上記電気信号端子に接続されている。抵抗性整合回路は、導電体を介して一端が半導体素子の上記電気信号端子と接続され、他の一端が接地されている。容量性整合回路は、高周波電気信号回路の端部の上記接続点に接続され、上記接続点から見た半導体素子側のインピーダンスが上記抵抗性整合回路の規格化インピーダンスとなるように定められたインピーダンスを有する。

この技術は、広帯域でインピーダンス整合を行ない、光電変換周波数の高い光電変換半導体装置を得ることを目的としている。

【0008】

また、特開2001-154161号公報に、半導体装置の技術が公開されている。この技術の半導体装置は、半導体素子と、ショート回路とを備える。半導体素子は、所定の周波数の高周波光信号の入力によりフォトキャリアが発生する半導体層と、そのフォトキャリアを高周波電力として出力する出力電極とを備える。ショート回路は、上記出力電極に接続され上記出力電極から出力される上記周波数の高周波電力に対して上記出力電極を接地状態とする。

この技術は、光半導体素子内に発生したフォトキャリアを速やかに高周波的に光半導体素子外部に逃がすことを目的としている。

【0009】

また、特開 2 0 0 0 - 1 9 4 7 3 号公報に、光変調器モジュールの実装構造の技術が公開されている。この技術の光変調器モジュールの実装構造は、光素子と、キャリアと、光ファイバと、高周波端子と、電子冷却素子と、誘電体基板と、パッケージとからなる。キャリアは、導電性を有し上記光素子を搭載する。光ファイバは、光信号の入出力用である。高周波端子は、高周波電気信号を供給する。電子冷却素子は、光素子を恒温にする。誘電体基板は、マイクロストリップラインが形成されている。パッケージは、上記各構成部材を保持する。そして、パッケージは、高周波端子と、グランド付コプレーナ伝送線路を有する。ここで、誘電体基板は、キャリアに搭載されており、また、上記高周波端子側のキャリア端においてキャリア表面が露出している。そのキャリア露出部とそのグランド付コプレーナ伝送線路のグランド領域と、マイクロストリップラインと、グランド付コプレーナ伝送線路の信号領域とがそれぞれワイヤにより接合されている。

この技術は、伝送線路の形成スペースが小さいマイクロストリップラインを用いるための GND 接続構造を提供することを目的としている。

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の目的は、超高速光ファイバ通信用途向けの高速光変調器へ変調 R F 信号を励振する光変調器励振回路において、特に変調 R F 信号の最高周波数がミリ波帯に及ぶような高周波域においても、反射の急増を抑制することが可能な光変調器励振回路を提供することである。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の他の目的は、変調周波数帯域を損なわずに上記反射の急増の抑制を達成することが可能な光変調器励振回路を提供することである。

【 0 0 1 2 】

本発明の更に他の目的は、回路素子／部品や製造方法の変更をほとんど必要とせずに、上記反射の急増を抑制できる光変調器励振回路を提供することである。

【 0 0 1 3 】

本発明の別の目的は、光変調器およびその集積デバイスを納めた光変調器モジュールの広帯域化、低電圧駆動、低コスト化、量産性向上を実現するための、最

も有効かつ現実的な手段としての光変調器励振回路を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

以下に、[発明の実施の形態]で使用される番号・符号を用いて、課題を解決するための手段を説明する。これらの番号・符号は、[特許請求の範囲]の記載と[発明の実施の形態]との対応関係を明らかにするために付加されたものである。ただし、それらの番号・符号を、[特許請求の範囲]に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【0015】

上記課題を解決するための本発明の光変調器励振回路は、光変調器(1; 11)と、第1のストリップ線路(2; 12)と、第2のストリップ線路(4; 14)とを具備する。光変調器(1; 11)は、光を変調して出力する。第1のストリップ線路(2; 12)は、光変調器(1; 11)に電氣的に接続され、光変調器(1; 11)へ変調RF信号(33)を出力し、第1の電気素子(3; 13-1)を含み、第1の特性インピーダンス(Z_{01})を有する。第2のストリップ線路(4; 14)は、光変調器(1; 11)を中継して第1のストリップ線路(2; 12)に電氣的に接続され、第2の電気素子(5、6; 15-1、16-1)を含み、第2の特性インピーダンス(Z_{02})を有する。ただし、第1のインピーダンス(Z_{01})は、変調RF信号(33)の第1のストリップ線路(2; 12)への入力経路の特性インピーダンス(Z_0)に等しい。また、第1の電気素子(3; 13-1)と第2の電気素子(5、6; 15-1、16-1)との並列合成インピーダンスは、その入力経路の特性インピーダンス(Z_0)に等しい。

【0016】

本発明の光変調器励振回路は、第2の電気素子(5、6; 15-1、16-1)が、少なくとも2つの電気素子(5、6; 15-1、16-1)を含み、第2のストリップ線路(4; 14)上の長手軸方向の互いに異なる位置に配置されている。

【0017】

本発明の光変調器励振回路は、第2の電気素子(5、6；15-1、16-1)の少なくとも2つの電気素子(5、6；15-1、16-1)の各々が、第2のストリップ線路(4；14)の両端に配設されている。

【0018】

本発明の光変調器励振回路は、第1の電気素子(3；13-1)および第2の電気素子(5、6；15-1、16-1)の少なくとも1つが、抵抗である。

【0019】

本発明の光変調器励振回路は、その抵抗が、第2のストリップ線路(4；14)上の導体上に形成された薄膜抵抗体である。

【0020】

本発明の光変調器励振回路は、第2のストリップ線路(4；14)の電気長が変調RF信号(33)の最高周波数(f_m)に対して1/4波長以下である。

【0021】

本発明の光変調器励振回路は、第2の特性インピーダンス(Z_{02})が、第1の特性インピーダンス(Z_{01})と異なる。

【0022】

本発明の光変調器励振回路は、第1の電気素子(3；13-1)のインピーダンス(Z_{L1})が、第1の特性インピーダンス(Z_{01})と異なる。

【0023】

上記課題を解決するための本発明の光変調器モジュールは、高周波入力部(22)と、光入力部(24-1、21-1)と、光変調器励振回路(27)と、光出力部(21-2、24-2)とを具備する。高周波入力部(22)は、光信号を変調する変調RF信号(33)を受信する。光入力部(24-1、21-1)は、第1の光信号(31)を受信する。光変調器励振回路(27)は、高周波入力部(22)と電氣的に接続し、光入力部(24-1、21-1)と光学的に接続し、変調RF信号(33)に基づいて、第1の光信号(31)を第2の光信号(32)に変調する、上記各項のいずれか一項に記載している。光出力部(21-2、24-2)は、光変調器励振回路(27)と光学的に接続し、第2の光信号(32)を外部へ出力する。

【0024】

本発明の光変調器モジュールは、光入力部（24-1、21-1）が、光信号を入出力可能な光入力端子（24-1）と、第1のレンズ（21-1）とを具備する。そして、光入力端子（24-1、21-1）は、第1の光ファイバ（26-1）に接続され、第1の光ファイバ（26-1）を介して第1の光信号（31）を受信して、第1のレンズ（21-1）へ出力する。第1のレンズ（21-1）は、第1の光信号（31）を受信して、光変調器励振回路（27）へ出力する。

【0025】

本発明の光変調器モジュールは、光出力部（21-2、24-2）が、第2のレンズ（21-2）と、光信号を入出力可能な光出力端子（24-2）とを具備する。第2のレンズ（21-2）は、第2の光信号（32）を受信して、光出力端子（24-2）へ出力する。光出力端子（24-2）は、第2の光ファイバ（26-2）に接続され、第2のレンズ（21-2）を介して第2の光信号（32）を受信して、第2の光ファイバ（26-2）へ出力する。

【0026】

本発明の光変調器励振回路は、光変調器向けの広帯域かつ低反射特性に優れた変調RF信号励振回路を有する。

すなわち、光変調器およびこれを集積化した集積光素子が実装された光変調器モジュールにおいて、ストリップ線路を最適設計することにより、光変調器の示す容量性負荷としての振舞いを可能な限り整合して抑える。そして、変調周波数帯域への影響を最小限にとどめたまま、この光変調器励振回路全体を見込んだ反射を必要なレベル以下に抑制することを可能とするものである。

【0027】

具体的には、既存光変調器モジュール内の終端抵抗を変調RF信号励振系内に分散配置する。それにより、この励振回路を見込んだ反射特性を実用上無視できる程度に小さな値に抑えることが可能になる。その際、別途新たな回路素子／部品を用意することなく、従来の製造装置／工程によるモジュール組立作業をそのまま利用可能である。

【0028】

本発明のコンセプトである分布終端構造励振系をより具体的に説明すると、次のようにまとめることができる。

(1) 光変調器素子のサセプタンスを、これと逆符号を持つ別の負荷で整合する。

(2) 整合に用いる負荷として、第2のストリップ線路両端に、終端抵抗を設ける。整合回路は、両端に終端抵抗を設けた第2のストリップ線路を光変調器素子に並列に接続して構成する。

【0029】

第2のストリップ線路両端に終端抵抗を設ける構造は、従来に無い新しい発想の両端終端スタブである。ここで、従来広く用いられているマイクロ波／ミリ波帯の整合回路としての開放スタブ、短絡スタブを用いない理由は、それらのインピーダンスが周波数とともに極端に変化してしまうため、容量性負荷として振る舞う光変調器素子のインピーダンス整合には適さないからである。

本発明の構造を用い、第2のストリップ線路の特性インピーダンスと終端抵抗との比を変えることで、必要とされる整合回路のインピーダンスの上限および下限を独立に最適化することが初めて可能となる。また、ストリップ線路両端に設けられた終端は、励振回路内にできる線路不連続部間の不要な多重反射を抑えるダンピング抵抗としての役割も担っており、不要な反射波を速やかに減衰させることで変調周波数特性に現れやすい不要共振の影響等を効果的に抑える働きも期待できる。

【0030】

(3) 第2のストリップ線路の長さを、入力変調RF信号の周波数（波長 λ ）に対して、 $\lambda/4$ 以下とする。

【0031】

整合帯域は、第2のストリップ線路の長さでほぼ決定することができる。ここで、そのアドミタンスをテラー展開した場合、入力変調RF信号の波長 λ に対する1次近似が概ね成り立つ $\lambda/4$ 以下の長さの第2のストリップ線路を考える。そのとき、第2のストリップ線路と終端抵抗とは、周波数に比例してアドミ

ットランスが減る（インピーダンスが増加する）傾向を示す整合回路に見立てることができる。

この振舞いは、光変調器素子のような周波数依存性が単調（インピーダンスが減少する）な容量性負荷のそれをちょうど打ち消す傾向にあり、（１）が要請する条件を満たすことから、広帯域化を図るうえで非常に都合が良い。

【0032】

（４）第１のストリップ線路と第２のストリップ線路とに分散配置された終端の並列合成抵抗を、変調ＲＦ信号の入力線路の特性インピーダンスと一致させる。

直流に近い低周波帯では、光変調器素子自身のインピーダンスはほぼ無限大（開放）であり、光変調器励振回路を見込んだ負荷は分散配置された終端の並列合成抵抗にほぼ等しくなる。よって、この値が変調ＲＦ信号の入力線路の特性インピーダンスと一致するように第１および第２のストリップ線路の終端を選ぶことにより、光変調器励振回路を見込んだ反射を実用上支障が無い程度に抑えることが可能となる。

【0033】

通常、整合を取りたい素子のインピーダンスの周波数依存性に対して、整合回路の回路素子パラメータを最適化するのは容易でない。しかし、本発明による分布終端構造の光変調器励振回路では、上記（３）の特徴から、第２のストリップ線路長を調節することにより整合回路としての周波数依存性を、また上記（２）の特徴から、第２のストリップ線路の特性インピーダンスとその両端に設けた抵抗の比を調節することにより整合回路が示すインピーダンスの絶対値の上限と下限を、それぞれほぼ独立に最適化することが可能である。

【0034】

すなわち、整合回路は、変調ＲＦ信号の周波数に比例してアドミッタンスが減る（インピーダンスが増加する）傾向を示すので、その周波数の整合範囲（帯域）の増減の範囲や増減割合は、第２のストリップ線路の長さを調整することで制御可能である。

また、整合回路が示すインピーダンスの絶対値の上限は、第２のストリップ線路の特性インピーダンスとその両端に設けた抵抗の比を調節することにより制御

が可能である。

整合回路が示すインピーダンスの絶対値の下限は、第2のストリップ線路の特性インピーダンスとその両端に設けた抵抗の比を調節することにより制御が可能である。

そして、それらはそれぞれほぼ独立に最適化することが可能である。

【0035】

本発明を用いることにより、光変調器およびその集積素子の光変調器モジュールを高速変調するうえで従来問題となっていた高周波域での反射急増を効果的に抑えることが可能となり、光ファイバ通信システムに必要とされる直流からミリ波帯までの広帯域にわたる低反射化が実現可能となる。これにより、上記光変調器モジュールを駆動する回路の負担が軽減されると同時に不要共振に起因する変調信号への悪影響を軽減することが可能となる。

一方、本発明を適用しても変調周波数帯域は劣化せず、理想的な広帯域・低反射変調特性を満足することができる。また、本構造を実現するにあたっては、従来の光変調器励振回路のストリップ線路に単に薄膜抵抗を付加するのみの必要最小限の変更で済むため、薄膜抵抗体のマスクパターンを部分修正する以外、全く同一の工程、製造設備をそのまま流用することが可能である。このため、上記モジュールの高性能化を図るうえで新たなコストが発生しないことから、高機能化・生産性向上・低コスト化が期待できる。これらの結果、次世代通信ネットワークの構築に向けた幹線系光ファイバ通信システムの高速化・高機能化への道が拓かれる。

【0036】

【発明の実施の形態】

以下、本発明である光変調器励振回路および光変調器モジュールの実施の形態に関して、添付図面を参照して説明する。

まず、本発明である光変調器励振回路の実施の形態の構成について説明する。

図1は、本発明である光変調器励振回路の実施の形態の構成を説明する斜視図である。光変調器励振回路は、光変調器1、第1のストリップ線路2、第1の終端3、第2のストリップ線路4、第2の終端5、第3の終端6、ボンディングワ

イヤA8及びボンディングワイヤB9を具備する。

【0037】

光変調器1は、変調RF (Radio Frequency) 信号33 (電界) に基づいて、受信した光信号31における光の強度、周波数および位相を変調し、変調信号光としての光信号32を出力する。

第1のストリップ線路2 (特性インピーダンス Z_{01} 、実効屈折率 n_{m1}) と第2のストリップ線路4 (特性インピーダンス Z_{02} 、実効屈折率 n_{m2}) は、光変調器1を挟んで光変調器1の光軸に垂直な方向に一直線上に配置されている。これら第1のストリップ線路2および第2のストリップ線路4は、光変調器1を中継するようにボンディングワイヤA8およびボンディングワイヤB9で互いに電氣的に接続されている。

【0038】

第1のストリップ線路2は、光変調器1を通過する光信号31を変調するために使用する変調RF信号33を受信する。そして、その変調RF信号33をボンディングワイヤA8経由で光変調器1へ出力する。第1のストリップ線路2の特性インピーダンス Z_{01} は、変調RF信号33を出力する線路の特性インピーダンス Z_0 に等しい。

【0039】

第2のストリップ線路4は、光変調器1 (一ボンディングワイヤB9) を経由した変調RF信号33を受信する。第2のストリップ線路4の特性インピーダンス Z_{02} は、第1のストリップ線路の特性インピーダンス Z_{01} と異なることが望ましい。第2のストリップ線路4での変調RF信号の反射を残すようにするためである。反射を残すことにより、第1の終端3、第2の終端5および第3の終端6の効果を引き出すことが出来る。

ここで、本光変調器モジュールが想定する変調RF信号33の最高使用周波数 f_m に対し、第2のストリップ線路4の長さは $c_0 / (4 f_m n_{m2})$ 以下になっている。ただし、 n_{m2} は、第2のストリップ線路4の屈折率、 c_0 は光速である。これは、第2のストリップ線路の電気長が変調RF信号の最高使用周波数 f_m に対して $1/4$ 波長以下ということである。その理由は既述の通りである。

【0040】

第1の終端3は、第1のストリップ線路2上の光変調器1側端部近傍にあり、インピーダンスが Z_{L1} の電気素子である。インピーダンス Z_{L1} は、特性インピーダンス Z_{01} と異なることが好ましい。第1の終端3は、第1のストリップ線路2上の光変調器1側端部にあることが好ましい。本実施例では、第1のストリップ線路2の導体の光変調器1側端部に形成された薄膜抵抗体である。

第2の終端5および第3の終端6は、それぞれ第2のストリップ線路4上の長手軸方向の互いに異なる位置にあり、インピーダンスがそれぞれ Z_{L2} 、 Z_{L3} の電気素子である。第2の終端5および第3の終端6は、第2のストリップ線路4の両端部にあることが好ましい。本実施例では、第2のストリップ線路4の両端部にある薄膜抵抗体である。

ここで、3つの終端（第1の終端3、第2の終端5および第3の終端6）の並列合成抵抗値（インピーダンス）は、特性インピーダンス Z_0 に一致するように設定されている。

さらに、3つの終端にボンディングワイヤA8およびボンディングワイヤB9を含めた合成抵抗値が、特性インピーダンス Z_0 に一致することがより望ましい。ただし、変調RF信号33が直流に近い低周波の場合、ボンディングワイヤA8およびボンディングワイヤB9のインピーダンスは無視できる

【0041】

ボンディングワイヤA8は、第1のストリップ線路2と光変調器1とを電氣的に接続している。

ボンディングワイヤB9は、第2のストリップ線路2と光変調器1とを電氣的に接続している。

そして、光変換器1上で、ボンディングワイヤA8とボンディングワイヤB9とが接続している。

【0042】

次に、本発明である光変調器励振回路を適用した光変調器モジュールの実施の形態の構成について、図2を参照して説明する。

光変調器モジュール20は、キャリア7、レンズ部21（-1～2）、高周波

コネクタ 2 2、パッケージ 2 3、光入出力端子 2 4（－1～2）、温度センサ 2 5、光変調器励振回路 2 7 および放熱部 2 8 を具備する。

【 0 0 4 3 】

光変調器励振回路 2 7 は、図 1 に示すような光変調器 1、第 1 のストリップ線路 2、第 1 の終端 3、第 2 のストリップ線路 4、第 2 の終端 5、第 3 の終端 6、ボンディングワイヤ A 8 およびボンディングワイヤ B 9 を備える光変調器励振回路である。各構成は、既述のとおりなのでその説明を省略する。

キャリア 7 は、光変調器励振回路 2 7、レンズ部 2 1（－1～2）および温度センサ 2 5 を、光変調器モジュール 2 0 内において、然るべき位置関係を有するように設置する金属製の基台である。

レンズ部 2 1（－1～2）は、レンズとレンズホルダーとを含む。レンズホルダー内のレンズは、（光変調器励振回路 2 7 内の）光変調器 1 の光導波路と、光ファイバ 2 6（－1～2）のコアとを結ぶ光軸上に配設される。レンズ部 2 1（－1～2）と光変調器 1 との距離は、レンズの焦点が、光変調器 1 の光入出力端面（光導波路の端面）上に合うように調整されている。

高周波コネクタ 2 2 は、変調 R F 信号の線路（図示せず）と光変調器モジュール 2 0 とを電氣的に接続している。そして、その線路により伝送される変調 R F 信号 3 3 を光変調器モジュール 2 0（の第 1 のストリップ線路 2）へ出力する。

パッケージ 3 3 は、光変調器モジュール 2 0 のケーシングである。

光入出力端子 2 4（－1～2）は、光ファイバ 2 6（－1～2）と光変調器モジュール 2 0 とを光学的に接合する。そして、光ファイバ 2 6（－1）により伝送される光信号 3 1 を光変調器モジュール 2 0（のレンズ部 2 1（－1））へ出力し、また、光変調器モジュール 2 0（のレンズ部 3 1（－2））から出力される光信号 3 2 を光ファイバ 2 6（－2）へ供給する。

温度センサ 2 5 は、光変調器励振回路 2 7 近傍の温度を計測する。

放熱部 2 8 は、光変調器モジュール 2 0 内部で発生する熱を放熱する。

【 0 0 4 4 】

次に、本発明である光変調器励振回路の実施の形態の動作について、図 1 および図 2 を参照して説明する。

変調RF信号の線路を伝送された変調RF信号33は、高周波コネクタ22を介して光変調器モジュール20の光変調器励振回路27の第1のストリップ線路2へ出力される。そして、第1のストリップ線路2の入力端から励振された変調RF信号33は、第1のストリップ線路2からボンディングワイヤA8を介して光変調器1へ出力される。

一方、光ファイバ26-1を伝送された光信号31は、一方の側の光入出力端子24-1より光変調器モジュール20へ出力される。光信号31は、レンズ部21-1で受光され、そのレンズにより光変調器1の光導波路の一端部に集光される。そして、光変調器1の光導波路内を、その他端部へ向けて伝送される。

光信号31は、その光導波路内での伝送途中で、ボンディングワイヤA8を介して入力された変調RF信号33により変調され、変調された光信号である光信号32となる。光信号32は、光導波路の他端部から放射され、レンズ部21-2で受光される。そして、そのレンズにより、光入出力端子24-2の端部に集光され、そこで光ファイバ26-2へ出力される。

光信号31の変調を行った後、変調RF信号33は、光変調器1を経由して第2のストリップ線路4の末端まで伝搬する。

【0045】

変調RF信号33が直流に近い低周波の場合、光変調器1の素子自身のインピーダンスはほぼ無限大（開放）である。そして、ボンディングワイヤA8およびボンディングワイヤB9のインピーダンスは無視できるので、変調RF信号33の経路から本光変調器励振回路27を見込んだ入力インピーダンスは、第1の終端3、第2の終端5および第3の終端6の並列合成抵抗値にほぼ等しい。このため、この低周波域では、変調RF信号の経路の特性インピーダンスが受電端のインピーダンス（並列合成抵抗値 $=Z_0$ ）に等しいことから、本光変調器励振回路を見込んだ反射を実用上支障の無い程度に低く抑えられる。

【0046】

一方、変調RF信号33が数GHz〜ミリ波帯にわたる高周波の場合、容量性負荷である光変調器1のインピーダンスが急激に減少する。一方、第2のストリップ線路4は、その長さが、アドミッタンスの周波数に対する1次近似が概ね成

り立つ $\lambda/4$ 以下である。したがって、第2のストリップ線路4は、アドミッタンスが周波数に比例して減少する（＝インピーダンスが周波数の増加と共に増加する）傾向を示す整合回路に見立てることができる。すなわち、光変調器1より後段に配置されたボンディングワイヤB9、第2のストリップ線路4、第2の終端5および第3の終端6の合成インピーダンスは、この光変調器1の振舞い（光変調器1のインピーダンスが急減）を補償（合成インピーダンスが急増）し、光変調器励振回路を見込んだインピーダンスの周波数依存性を打ち消すように働く。

【0047】

これらにより、直流から最高使用周波数に至る広い帯域にわたって、光変調器励振回路を見込んだ反射を実用上支障の無い程度に抑えることが可能になる。また、従来の整合手段として用いられてきた第1のストリップ線路2にキャパシタを付加する方法を本構造と併用すると、低反射特性のさらなる向上も期待できる。

【0048】

（実施例1）

次に、上で述べた本発明の光変調器励振回路を電界吸収型光変調器モジュールに適用した実施例を、図面を参照して詳細に説明する。

図2は、電界吸収型光変調器モジュール（光変調器モジュール20）の構成を示す図である。これらは、既述の説明のとおりであるので、光変調器励振回路27以外の説明を省略する。

【0049】

図4は、電界吸収型光変調器モジュールに適用した光変調器励振回路27の構成を説明する斜視図である。

図4を参照して、電界吸収型光変調器モジュールの光変調器励振回路27は、光変調器11、第1のストリップ線路12、第1の終端13-1、薄膜13-2、第2のストリップ線路14、第2の終端15-1、薄膜15-2、第3の終端16-1、薄膜16-2、AuリボンワイヤA18及びAuリボンワイヤB19を具備する。この内、光変調器11は、図1の光変調器1に対応している。同様

に、第1のストリップ線路12は第1のストリップ線路2に、第1の終端13-1は第1の終端3に、第2のストリップ線路14は第2のストリップ線路4に、第2の終端15-1は第2の終端5に、第3の終端16は第3の終端6に、AuリボンワイヤA18はボンディングワイヤA8に、AuリボンワイヤB19はボンディングワイヤB9にそれぞれ対応している。

【0050】

第1のストリップ線路12は、比誘電率9.95、厚さ250 μ m、長さ3.5mm、幅700 μ mのアルミナ基板12-2と、その表面に形成された導体12-1と裏面導体12-3とを備える特性インピーダンス50 Ω のコプレーナ線路である。長手軸方向の側面には表面導体地板（第1の終端13-1の下部の導体12-1）と裏面導体12-3とを電氣的に導通させるメタライズ加工（薄膜13-2）が施されている。その電界吸収型光変調器11側端部の導体12-1上には、シート抵抗100 Ω /□のTa₂Nの薄膜抵抗でできた第1の終端13-1（ $Z_{L1}=150\Omega$ ）が形成されている。

第2のストリップ線路14も同様に、比誘電率9.95、厚さ250 μ m、700 μ mのアルミナ基板14-2と、その表面に形成された導体14-1と裏面導体14-3とを備えるコプレーナ線路で、特性インピーダンスは56 Ω である。長手軸方向の両側面には、第1のストリップ線路12と同様に、それぞれ表面導体地板（第2の終端15-1および第3の終端16-1の下部の導体14-1）と裏面導体14-3とを電氣的に導通させるメタライズ加工（薄膜15-2および薄膜16-2）が施されている。その両端の導体14-1上には、それぞれシート抵抗100 Ω /□のTa₂Nの薄膜抵抗でできた第2の終端15-1（ $Z_{L2}=150\Omega$ ）および第3の終端16-1（ $Z_{L3}=150\Omega$ ）が形成されている。

【0051】

これら光変調器11、第1のストリップ線路12および第2のストリップ線路14は、金属製のキャリア7)上に光変調器11の光軸と垂直な方向に一直線上に配置されている。第1のストリップ線路12と光変調器11は150pHのインダクタンスを持つボンディングワイヤとしてのAuリボンワイヤA18で接続

されている。同様に、第2のストリップ線路14と電界吸収型光変調器11は180pHのインダクタンスを持つボンディングワイヤとしてのAuリボンワイヤB19で接続されている。

【0052】

次に、電界吸収型光変調器モジュールの光変調器11についてさらに説明する。

図3は、光変調器11の構成を示す斜視図である。

光変調器11は、電界吸収型であり、電極B41、基板42、光吸収層43、クラッド層A44、コンタクト層A45、電極A46、クラッド層B47および絶縁層48を備える。

【0053】

基板42は、InP基板を用いている。

クラッド層B47は、基板42上の光吸収層43を形成する領域以外の場所に積層されたn-InP層である。

光吸収層43は、基板42上のクラッド層B47に挟まれた領域に形成されている。幅2ミクロンで、波長組成1.49 μ mのアンドープInGaAs/InAlAs量子井戸構造（井戸層数 $N_w=7$ ）である。光導波路として光信号31を通過させ、光変調を行い、光信号32として出力する。

クラッド層A44は、クラッド層B47に挟まれて、光吸収層43の上部表面を覆うように形成されたp-InP層である。

コンタクト層A45は、クラッド層B47に挟まれて、クラッド層A44の上部表面を覆うように形成された p^+ -InGaAs層である。

電極A46は、クラッド層B47に挟まれて、コンタクト層A45の上部表面を覆うように形成されたCr/Au/Ti/Pt/Auの5層メタルからなるp-電極である。その一部は、絶縁層48上に延び、ボンディングワイヤA8およびボンディングワイヤA9が接合される接続部49を形成する。変調RF信号43を印加される。

絶縁層48は、クラッド層B47表面を覆うように形成されている。

電極B41は、基板裏面に形成されたTi/Pt/Auの3層メタルからなる

n-電極である。

素子長Wは $300\mu\text{m}$ で、両劈開端面40には反射率0.1%以下の低反射膜（図示せず）が形成されている。素子容量は逆バイアス電圧-2V印加時に125fFである。

【0054】

図5は、上記構成の光変調器励振回路27での変調RF信号の周波数と信号強度との関係（周波数応答特性）を測定した結果を示すグラフである。横軸は入力された変調RF信号33の周波数、縦軸は反射または透過の強度である。実線は、本発明の光変調励振回路27を用いた場合であり、破線は、従来の光変調励振回路を用いた場合である。

ここでは、電界吸収型の光変調器11に逆バイアス-2Vを印加し、入力された変調RF信号33に対する光変調器11とその励振回路とを見込んだ反射および透過を測定している。反射 S_{11} の値を示す曲線（実線）から、変調RF信号33が直流から40GHzにわたる非常に広い帯域において、反射波は-15dB以下と非常に小さな値に抑えられることが判る。

そして、この光変調器励振回路27の光変調器11に1550nmの信号光を入射したところ、変調周波数帯域（透過 S_{21} -3dB以上）は50GHz以上と、40GHz光ファイバ通信を実現するうえで実用上十分な広帯域光変調特性が得られることが判る。

【0055】

（実施例2）

次に、上で述べた本発明の光変調器励振回路を電界吸収型光変調器モジュールに適用した他の実施例を、図面を参照して詳細に説明する。

図2は、電界吸収型光変調器モジュール（光変調器モジュール20）の構成を示す図であり、図4は、電界吸収型光変調器モジュールに適用した光変調器励振回路27の構成を説明する斜視図である。これらは、既述の説明のとおりであるので、その説明を省略する。ただし、キャリア7は、Fe-Ni-Co合金製キャリアである。

【0056】

実施例 1 の場合と同様に、電界吸収型の光変調器 1 1 に逆バイアス -2 V を印加し、入力された変調 RF 信号 3 3 に対する電界吸収型の光変調器 1 1 とその励振回路を見込んだ反射を測定したところ、変調 RF 信号 3 3 が直流から 40 GHz にわたる非常に広い帯域において、反射波は -15 dB 以下と非常に小さな値に抑えられた。

そして、この光変調器励振回路 2 7 の光変調器 1 1 に 1550 nm の信号光を入射したところ、変調周波数帯域 50 GHz 以上と、 40 GHz 光ファイバ通信を実現するうえで実用上十分な広帯域光変調特性が得られた。

【0057】

また、こうした光変調器モジュール 2 0 を実用化するうえでは、製造過程で生じ得る寸法や抵抗値などの変動に対して、これらが変調特性に及ぼす影響を実用上支障が無い程度まで十分小さな値に抑えられるよう、各回路素子パラメータに対するトレランス設計が重要である。

図 6 は、上記構成の光変調器励振回路 2 7 での変調 RF 信号の周波数と信号強度との関係（周波数応答特性）を測定した結果を示すグラフである。横軸は入力された変調 RF 信号 3 3 の周波数、縦軸は反射または透過の強度である。各曲線は、変調 RF 信号 3 3 の入力線路の特性インピーダンス Z_0 の変化（ $\pm 5\%$ と仮定）、（合成）終端抵抗値 Z_L の変化（ $\pm 10\%$ と仮定）および光変調器 1 1 の素子容量 C_{abs} の変化（ $\pm 25\%$ と仮定）の場合の反射および透過を示す。

【0058】

図 6 に示すように、本光変調器励振回路 2 7 において各ストリップ線路の特性インピーダンスが $\pm 5\%$ 、終端抵抗値が $\pm 10\%$ 、光変調器の素子容量が $\pm 25\%$ 変化した場合でも、本励振回路を見込んだ反射 S_{11} は、 -13 dB 以下に抑えられていることが判る。

そして、変調周波数帯域（透過 $S_{21} - 3\text{ dB}$ 以上）も 37 GHz 以上と、実用上十分な広帯域・低反射光変調特性が得られることが判明した。

【0059】

本発明により、特にミリ波帯に近い高周波域において光変調器励振回路を見込んだ反射を実用上支障が無い程度にまで大幅に抑制できると同時に変調特性の広

帯域化が可能である。

その理由は、本発明の特徴である終端を励振系に分散配置した構造を採ることにより、光変調器自身の示す容量性の振舞いの周波数依存性、およびその整合回路に必要なインピーダンスの上限と下限をほぼ独立に最適化することが可能だからである。

【 0 0 6 0 】

また、本発明により、光変調器およびその集積光素子からなる光変調器モジュールの駆動回路の負担が軽減され、駆動回路自体も広帯域化・小型低電圧化・低コスト化が図れる。

その理由は、上記第 1 の効果で述べた理由により、光変調器励振回路を見込んだ反射が非常に広帯域にわたって実用上支障が無い程度にまで抑えられるため、より低い電圧（電流）出力で上記光変調器モジュールを変調動作させることができるからであり、結果として電子回路素子への負荷も軽減されて広帯域化に向けた素子選択／回路設計いずれの自由度も高くなると同時に低消費電力化までも可能だからである。

【 0 0 6 1 】

さらに、本発明により、光変調器またはその集積化素子の光変調器モジュールの低コスト化が実現できる。

その理由は、本構造が従来の光変調器励振回路のストリップ線路に単に薄膜抵抗を付加するのみの必要最小限の変更で実現できるため、薄膜抵抗体のマスクパターンを部分修正する以外、全く同一の工程、製造設備をそのまま流用することが可能になり、上記第 1 および第 2 の効果で示した高性能化を図るうえで新たなコストが発生しないからである。

【 0 0 6 2 】

以上説明したように、本発明による光変調器励振回路は、特に幹線系光ファイバ通信システム向けの超高速光変調器およびその集積光素子からなる光変調器モジュールを駆動するうえで深刻な問題であった高周波域における反射急増の問題を、光導波路回路プラットフォームの端面形成工程において信号光の波面整合機能も高精度に一体形成してしまうことにより、別途光学部品を用いることなく大

幅に改善する構造を提供するものであり、より小型・高性能・低価格のハイブリッド集積光変調器モジュールを大量かつ安定に提供する道を拓くものである。

【発明の効果】

【 0 0 6 3 】

本発明により、超高速光ファイバ通信用途向け的高速光変調器へ変調 R F 信号を励振する光変調器励振回路において、特に変調 R F 信号の最高周波数がミリ波帯に及ぶような高周波域においても、低コストにて、反射の急増を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明である光変調器励振回路の実施の形態の構成を説明する斜視図である。

【図 2】 電界吸収型光変調器モジュールを用いた本発明の第 1 の実施の形態を説明する斜視図である。

【図 3】 本発明である光変調器励振回路での光変調器の構成を示す斜視図である。

【図 4】 本発明である光変調器励振回路の他の実施の形態の構成を説明する斜視図である。

【図 5】 光変調器励振回路での周波数と反射との関係を測定した結果を示すグラフである。

【図 6】 光変調器励振回路での周波数と反射との関係を測定した結果を示すグラフである。

【図 7】 従来の光変調器励振回路を示す斜視図である。

【符号の説明】

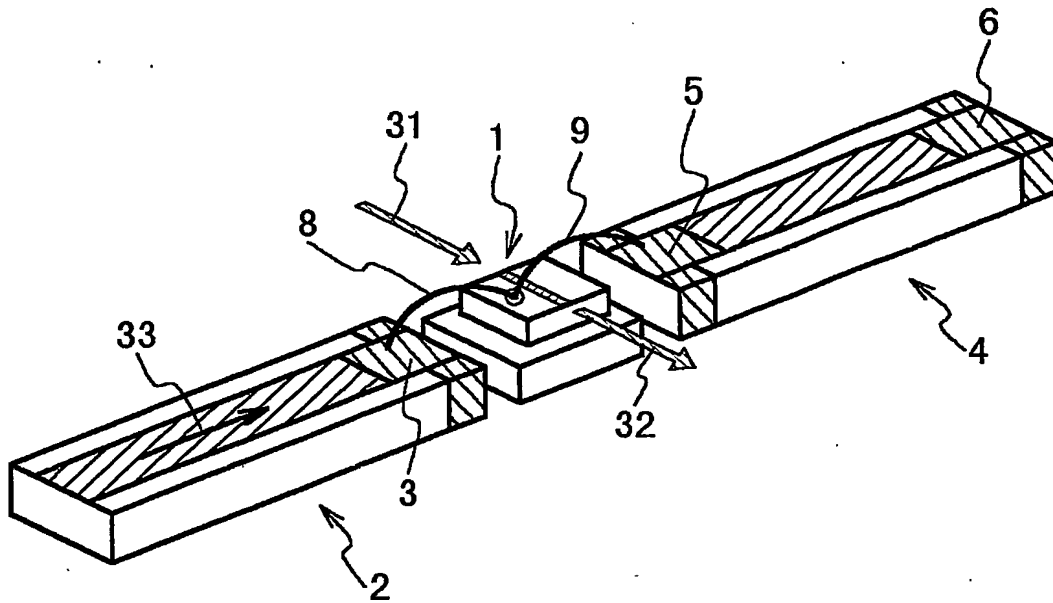
- 1 光変調器
- 2 第 1 のストリップ線路
- 3 第 1 の終端
- 4 第 2 のストリップ線路
- 5 第 2 の終端
- 6 第 3 の終端

- 8 ボンディングワイヤ A
- 9 ボンディングワイヤ B
- 1 1 光変調器
- 1 2 第 1 のストリップ線路
 - 1 2 - 1 導体
 - 1 2 - 2 高周波基板
 - 1 2 - 3 裏面導体
- 1 3 - 1 第 1 の終端
- 1 3 - 2 薄膜
- 1 4 第 2 のストリップ線路
 - 1 4 - 1 導体
 - 1 4 - 2 高周波基板
 - 1 4 - 3 裏面導体
- 1 5 - 1 第 2 の終端
- 1 5 - 2 薄膜
- 1 6 - 1 第 3 の終端
- 1 6 - 2 薄膜
- 1 8 Au リボンワイヤ A
- 1 9 Au リボンワイヤ B
- 2 0 光変調器モジュール
- 2 1 (- 1 ~ 2) レンズ部
- 2 2 高周波コネクタ
- 2 3 パッケージ
- 2 4 (- 1 ~ 2) 光入出力端子
- 2 5 温度センサ
- 2 6 (- 1 ~ 2) 光ファイバ
- 2 7 光変調器励振回路
- 2 8 放熱器
- 3 1 光信号

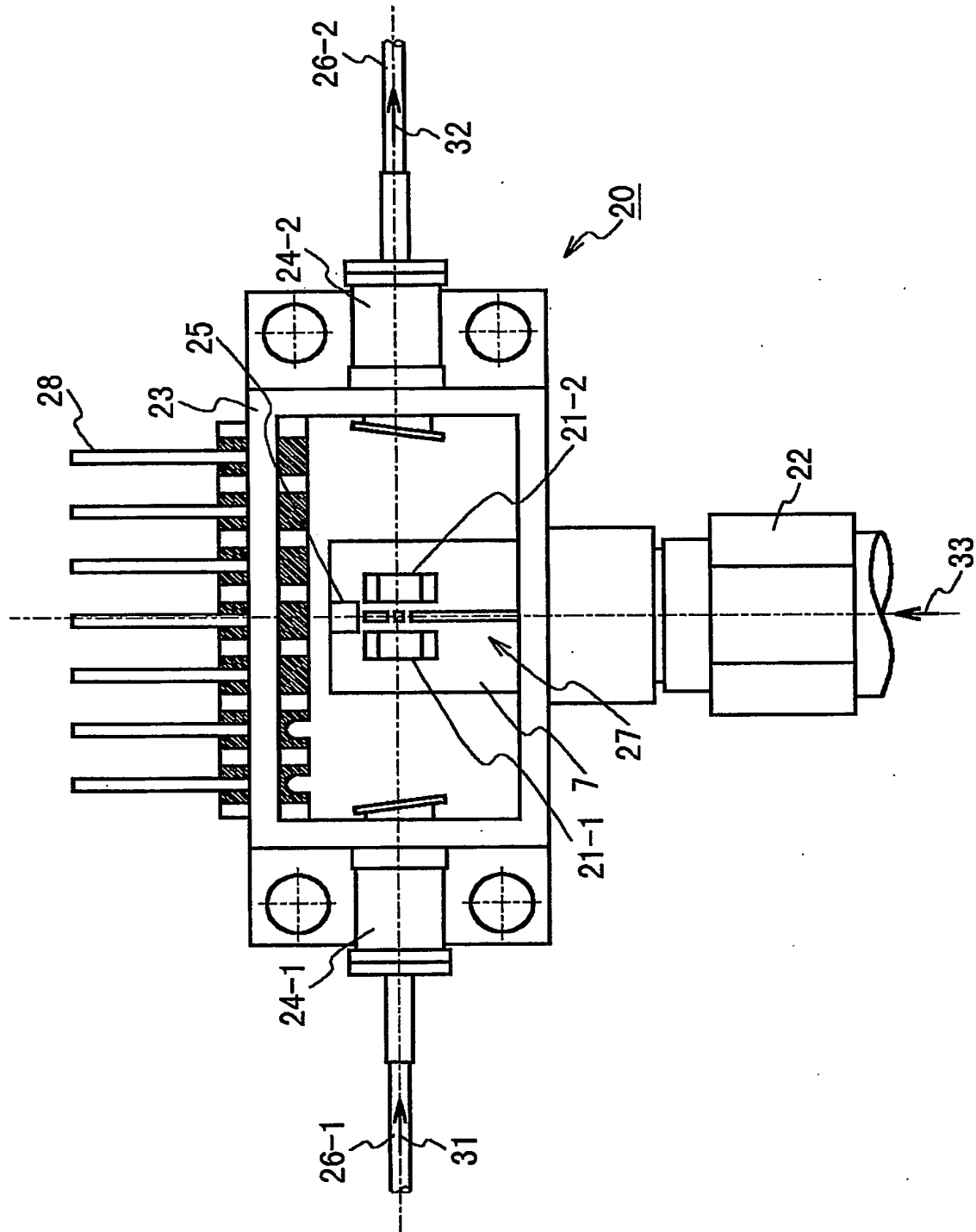
- 3 2 光信号
- 3 3 変調 R F 信号
- 4 1 電極 B
- 4 2 基板
- 4 3 光吸収層
- 4 4 クラッド層 A
- 4 5 コンタクト層 A
- 4 6 電極 A
- 4 7 クラッド層 B
- 4 8 絶縁層
- 4 9 接合部
- 4 0 反射層
- 1 1 1 光変調器
- 1 1 2 第 1 のストリップ線路
- 1 1 3 第 2 のストリップ線路
- 1 1 4 終端
- 1 1 5 ボンディングワイヤ A
- 1 1 6 ボンディングワイヤ B
- 1 3 1 光信号
- 1 3 2 光信号
- 1 3 3 変調 R F 信号

【書類名】 図面

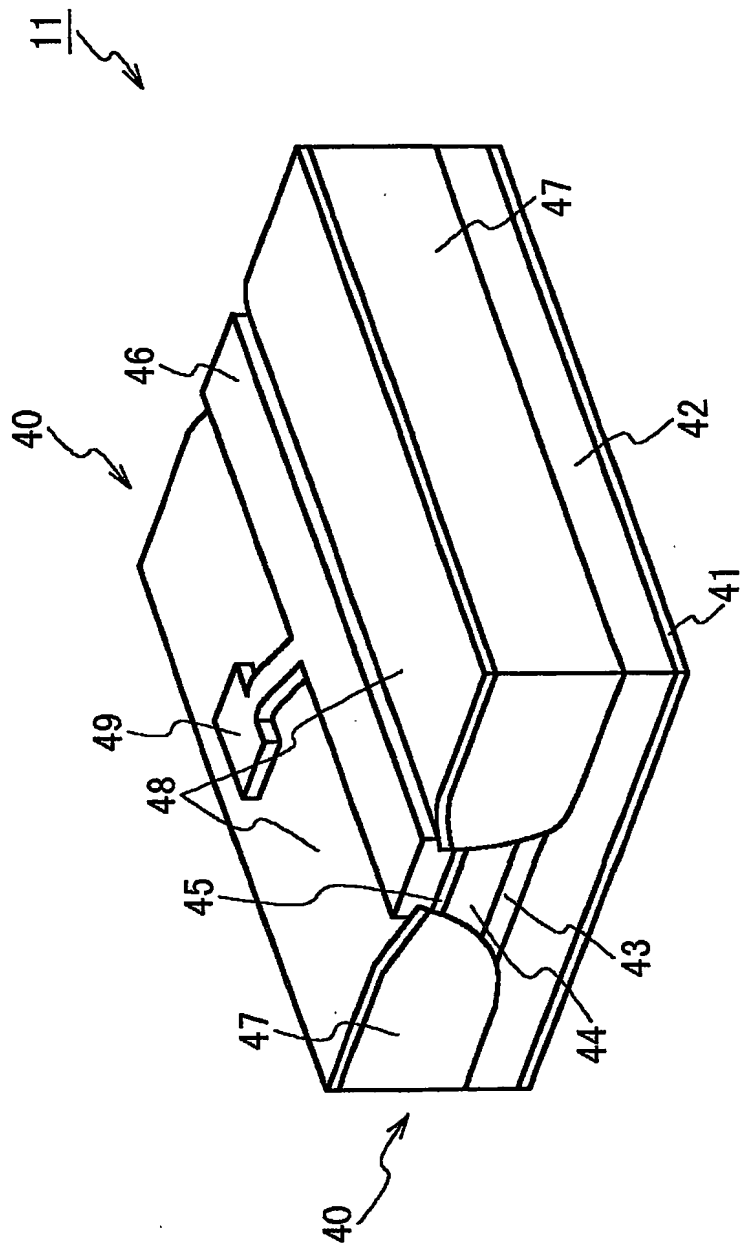
【図1】



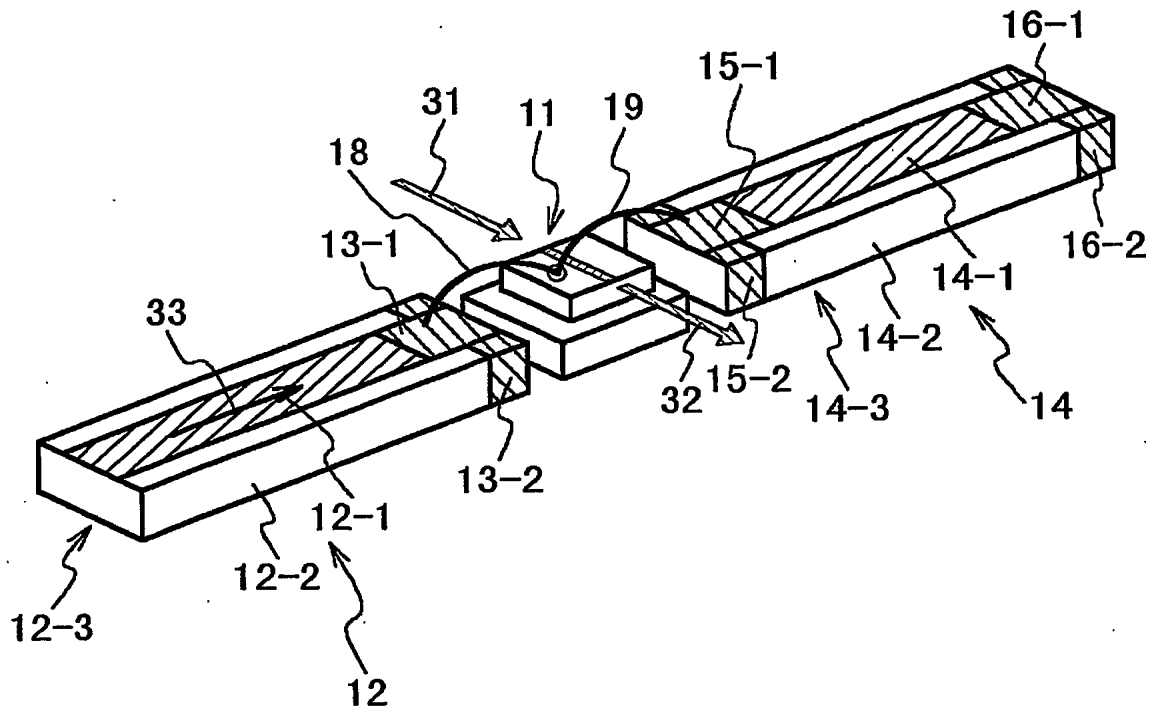
【図 2】



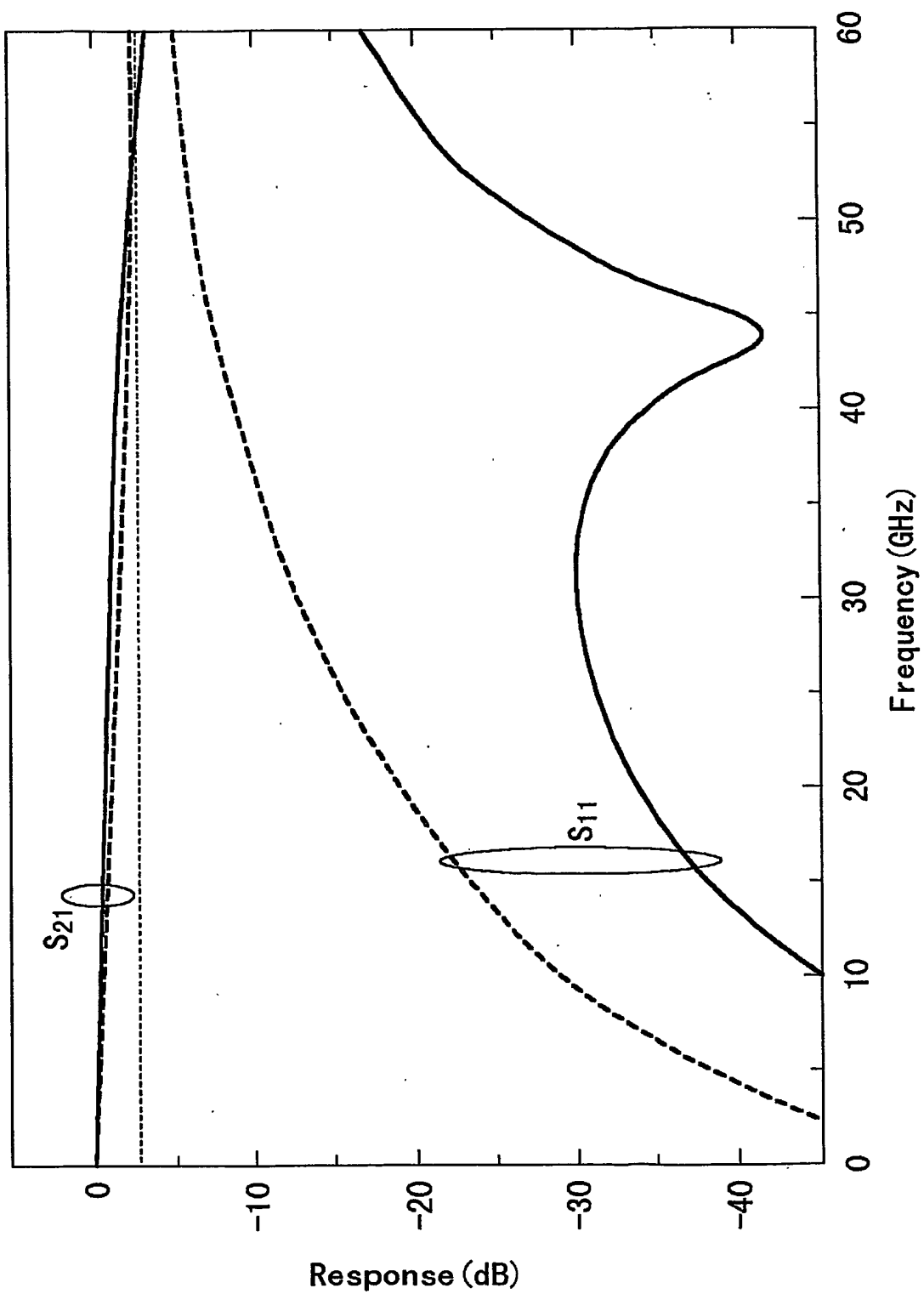
【図 3】



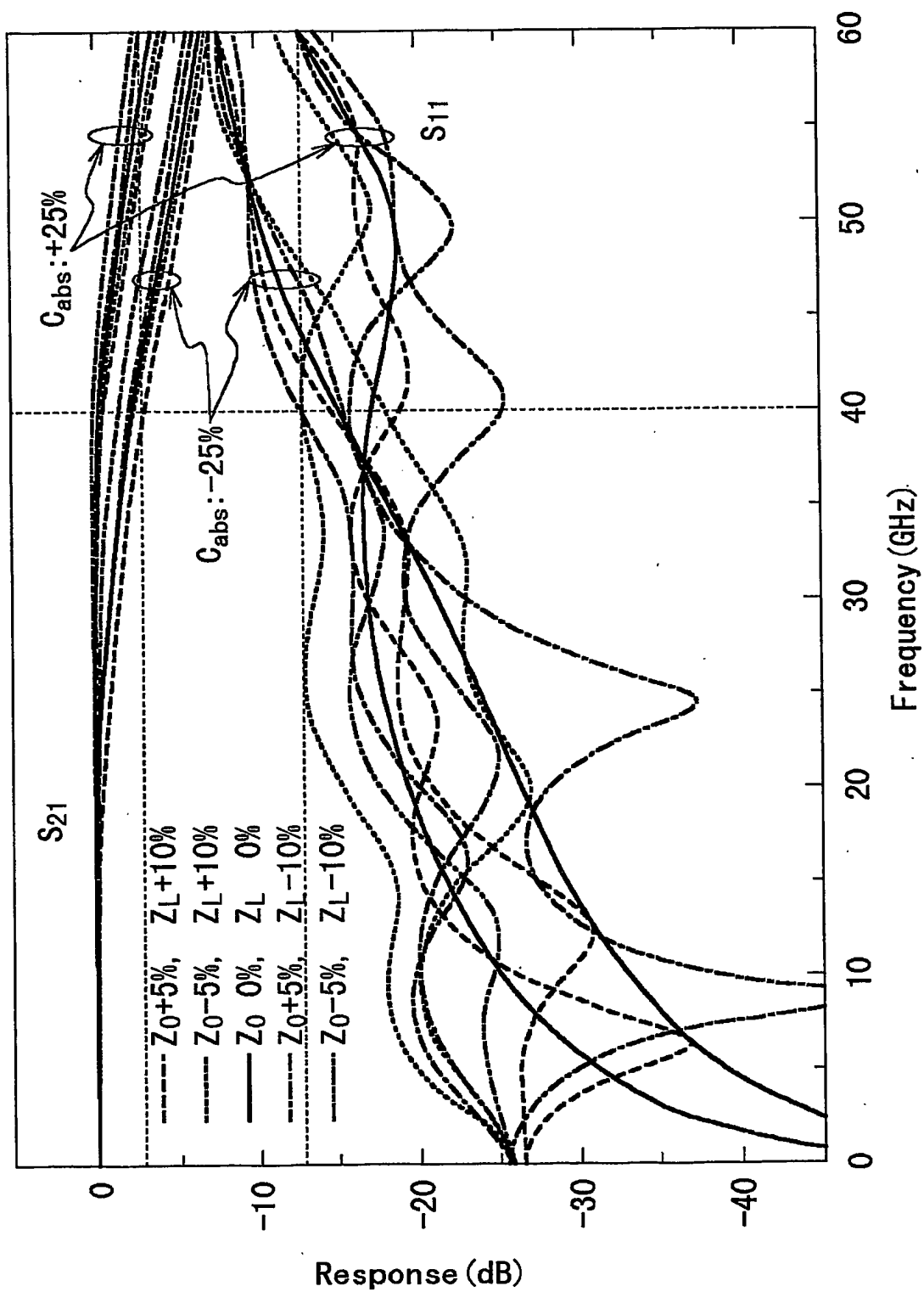
【図 4】



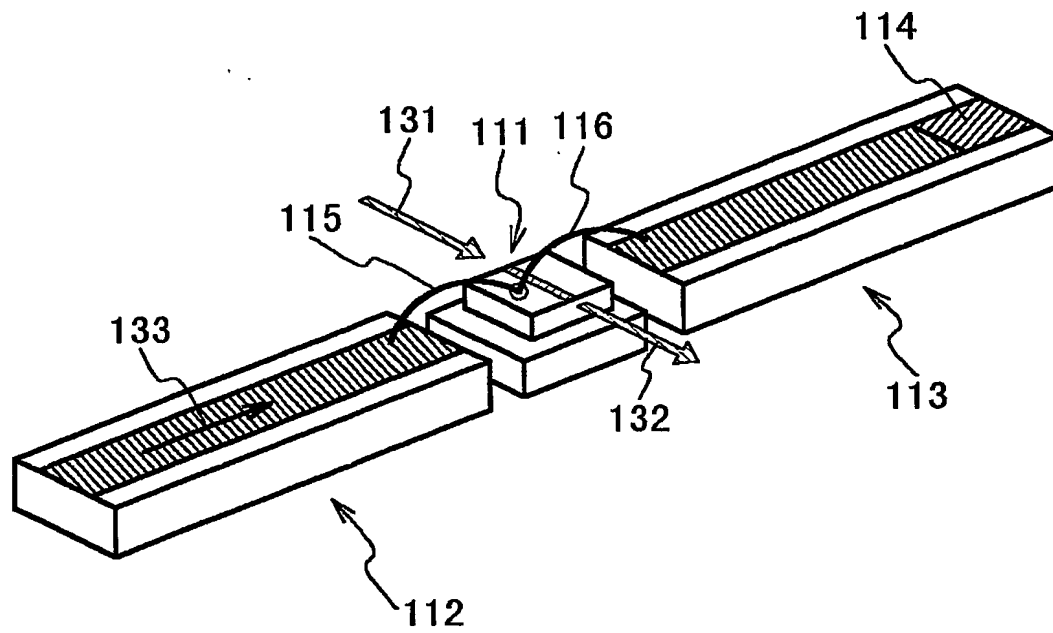
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

高速光変調器へ変調 R F 信号を励振する光変調器励振回路において、特に変調 R F 信号の最高周波数がミリ波帯に及ぶような高周波域においても、低コストにて、反射の急増を抑制する。

【解決手段】

光変調器 1 と、光変調器 1 に電氣的に接続され、光変調器 1 へ変調 R F 信号 3 3 を出力し、第 1 の薄膜抵抗 3 を含み、第 1 の特性インピーダンスを有する第 1 のストリップ線路 2 と、光変調器 1 を中継して第 1 のストリップ線路 2 に電氣的に接続され、第 2 の薄膜抵抗 5、6 を含み、第 2 の特性インピーダンスを有する第 2 のストリップ線路 4 とを具備する光変調器励振回路を用いる。ただし、第 1 のインピーダンスは、変調 R F 信号 3 3 の第 1 のストリップ線路 2 への入力経路の特性インピーダンスに等しい。第 1 の薄膜抵抗 3 と第 2 の薄膜抵抗 5、6 との並列合成抵抗は、その入力経路の特性インピーダンスに等しい。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.